심실조기흥분증후군에서 역방향 방실회귀성빈맥의 임상적 및 전기생리학적 특성*

연세대학교 의과대학 심장혈관센터 심장내과학교실
최동훈 · 이문형 · 안신기 · 김성순

= Abstract =

Electrophysiologic and Clinical Characteristics of Antidromic Reentrant Tachycardia in Ventricular Preexcitation Syndrome

**Dong Hoon Choi, M.D., Moon Hyoung Lee, M.D.,
Shin Ki Ahn, M.D., Sung Soon Kim, M.D.**

Cardiology Division, Yonsei Cardiovascular Center, Yonsei University, Seoul, Korea

Background : Antidromic reentrant tachycardia (ART), in which an accessory atrioventricular pathway is used as the anterograde limb of an atrioventricular reentrant tachycardia, has been documented clinically in less than 10% of patients with the Wolff-Parkinson-White (WPW) syndrome. The wide QRS complex makes the distinction between antidromic AV reentrant tachycardia and ventricular tachycardia somewhat difficult. The purpose of this study is to evaluate the clinical and electrophysiologic characteristics of the antidromic reentrant tachycardia.

Methods and Results : During the electrophysiologic study of 355 patients, from December 1986 to April 1995, referred for evaluation of Wolff-Parkinson-White syndrome, 18 (5.1%) patients had preexcited reciprocating tachycardia.

1) The age of the antidromic reentrant tachycardia patients ranged from 15 to 53 years (28±12), and the mean age was younger than that of orthodromic reentrant tachycardia (ORT) patients ($p<0.05$).

2) Thirteen were male patients, five were females.

3) There were associated heart diseases in 3 cases. Two patients had Ebstein's anomaly and one had valvular heart disease.

4) The locations of accessory pathways (APs) documented on surface ECG were 7 left side (39%), 9 right side (50%), 1 posteroseptal side (5.5%) and 1 anteroseptal side.

5) Multiple bypass tracts were documented by electrophysiologic study in 7/18 (38.9%) cases with ART, more common than cases with ORT (20/337 (5.9%)) ($p<0.05$).

6) 25 accessory pathways were documented by EPS in 18 patients (10 left side, 11 right side, 2 posteroseptal side and 2 anteroseptal side). ART patients had more right sided AP (11/25, 44%) than those with ORT (98/357, 27.5%), but ART patients had less posteroseptal AP (2/25, 8%) than those with ORT (63/357, 17.6%).

*본 논문은 1995년 추계 순환기 학회에서 구연 발표되었음.

7) The types of ECG patterns naturally occurred were LBBB(11 cases), RBBB(6 cases), and atrial fibrillation(4 cases).

8) The types of induced tachycardia in electrophysiologic study were 11 antidromic reentrant tachycardia, 10 orthodromic reentrant tachycardia, 7 reentrant tachycardia using two accessory bypass tracts, 3 AV nodal reentrant tachycardia, and 5 atrial fibrillations.

Conclusion：ART patients were younger and had more multiple bypass tracts than those with ORT. ART patients had less posteroseptal AP than ORT patients and more right sided AP than ORT patients. The posteroseptal AP was used as retrograde limb only.

KEY WORDS：Wolff-Parkinson-White syndrome · Antidromic reentrant tachycardia.

서 론

방실간의 비정상적인 우회로를 경유하여 심실의 일부가 정상 전도보다 먼저 흥분하는 경우를 심실조기흥분(ventricular preexcitation)이라 하며 이러한 우회로를 경유한 발작성 빈맥이 나타날 때 이를 심실조기흥분증후군(ventricular preexcitation syndrome) 혹은 Wolff-Parkinson-White 증후군이라 한다. 심실조기흥분증후군의 임상적인 의의는 우회로를 경유한 빈맥이 나타날 수 있다는 것으로, 심실조기흥분을 나타내는 심전도의 빈도는 인구 1,000명당 1 내지 3명에 해당한다고 한다[1-3]. 이러한 사람들에서 심실조기흥분증후군에서 보이는 빈맥증의 빈도는 보고자에 따라 그 수치의 차이가 많은데 높게는 90%에까지 이른다고 한다[4]. 빈맥중에서 흔히 나타나는 빈맥은 심방, 방실 결절, 심실 그리고 우회로가 하나의 회귀성 회로(reentrant circuit)를 이루는 방실회귀성빈맥(atrioventricular reentrant tachycardia)이 가장 많으며 그 다음으로는 심방세동이라고 하겠다[5].

회귀성빈맥은 다음 몇 가지 조건이 있을 때 가능한데, (1) 두개의 기능적으로 다른 전도로가 있으면서, (2) 한쪽 전도로가 unidirectional block이 있는 반면, (3) 나머지 전도로는 전향성 전도가 가능하며 이때 자극의 전도속도가 충분히 느리면, unidirectional block을 일으켰던 전도로가 흥분성(excitability)을 회복하여 이 전도로를 통하여 역행성 전도가 가능하여 회귀(reentry)가 지속하게 되는 것이다[6]. 방실회귀성빈맥의 대부분은 방실 결절을 전향성 전도로(anterograde pathway)로 이용하고 우회로를 역행성 전도로(retrograde pathway)로 이용하는 소위 정방향 방실회귀성빈맥(orthodromic atrioventricular reentrant tachycardia)이며 약 10%미만의 환자에 있어서 그 반대 방향으로 전도가 이루어져서 우회로를 전향성 전도로로 이용하고 방실 결절을 역행성 전도로로 하는 소위 역방향 방실회귀성빈맥(antidromic atrioventricular reentrant tachycardia)을 볼 수가 있다[7]. 전자의 경우에는 빈맥발작시 QRS 모양이 편위전도를 하지 않는 한 narrow QRS tachycardia가 보여지고, 후자의 경우에는 자극의 전도가 오직 우회로를 통하여 심실로 전달되기 때문에 QRS 모양은 maximum preexcitation, 다시 말해서 wide QRS tachycardia를 가져오게 된다. 그러므로 역방향 방실회귀성빈맥은 표면 심전도로 심실빈맥과 감별이 어려운 경우가 있다[8]. 이러한 역방향 방실회귀성빈맥은 정방향 방실회귀성빈맥이나 심방세동에 비해서 연구된 바가 적고 역방향 방실회귀성빈맥이 일어나는 기전이나, 그것이 일어나는데 필요한 전기생리학적 기질, 그리고 이러한 역방향의 빈맥의 임상적 의미에 대해서도 거의 알려진 바가 없다. 본 연구에서는 심실조기흥분증후군에서 역방향 방실회귀성빈맥의 임상적 특성과 전기생리학적 특성에 대해서 알아보고자 한다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

1986년 12월부터 1995년 4월까지 심실조기흥분증후군으로 진단되어 전기생리학검사(electrophysiologic study)및 우회로 절제술을 시행받은 환자들 중 전

기생리학검사상 역방향 방실회귀성빈맥을 보인 18예를 연구 대상으로 하였다. 대상 환자의 평균 연령은 28세였고 남자 환자가 13명 여자 환자가 5명이었다.

2. 방 법

1) 전기생리학검사(Electrophysiologic study)

전기생리학검사는 심장에 영향을 줄 수 있는 약물을 최소한 3일 전에 중지하고 fluoroscopy가 가능한 전기생리학검사실에서 다채널의 polygraphy와 programmed electrical stimulator(Bloom associated, ltd. Model DTU201)를 사용하여 시행하였다. X-ray 투시 하에 양측 서혜부의 대퇴정맥(femoral vein)과 좌측 쇄골하정맥(subclavian vein)이나 전주와 정맥(antecubital vein)을 통하여 4개 내지 5개의 전극도자를 셀딩거(Seldinger)씨의 방법으로 삽입하였다. 전극도자들은 우심방의 동결절, 관상정맥동, 히스속 부위와 우심실 첨부에 위치시켰다. 각 부위별 국소전기도(local electrogram)와 표준 심전도의 유도 Ⅰ, aVF, V1을 다채널 심전도 기록기를 통하여 50 100mm/sec의 용지 속도로 기록하였다. 우측의 대퇴동맥을 천자하여 혈압을 지속적으로 감시하였다.

Programmed electrical stimulation은 심방과 심실의 최소심박전압역치(pacing threshold)를 결정한 후 시행하였다. 역치의 2배 전압으로 증가형 심방자극(incremental atrial pacing), 동율동중 심방기외 전기자극(single or double atrial extrastimulation during sinus rhythm), 증가형 심실자극(incremental ventricular pacing) 그리고 심실조율중 심실기외 전기자극(single or double ventricular extrastimulation during ventricular pacing)의 양식으로 계획된 자극을 주었다. 전기생리학검사는 심방과 심실 및 우회로의 불응기 측정, 방실 결절의 기능 평가, 우회로의 위치 결정의 순서로 진행하였다. 특정의 자극으로 빈맥이 유도되었을 때는 그 자극 방법을 적어도 5회 이상 반복 시행하여 빈맥을 유도할 수 있는 자극임을 확인하였다.

우회로의 위치 확인(mapping)은 좌측은 관상정맥동에서 시행하였으며 관상정맥동이 좁거나 전극도자가 들어가지 않은 경우는 심방중격을 천자한 후 좌심방에서 승모판륜을 따라 시행하거나 동맥을 경유하여 좌심실에 전극도자를 넣어 시행하였다. 우측은 우심방에서 삼첨판륜을 따라 시행하였다. 우회로의 전기생리학 표식 소견은 우회로의 전위(accessory pathway potential)가 기록되거나 정상 율동의 경우 심실 측의 최우선 흥분 부위(earliest site of ventricular activation)나 방실회귀성빈맥시의 역행성 흥분이 최초로 나타나는 부위(earliest site of retrograde activation)로 정의하였다. 전극도자 절제술은 초기에는 100 200 joules의 직류 전기에너지를 사용하여 국소적인 조직 변성을 유도하였으나 후기에는 30 40 joules의 고주파 전류 에너지를 사용하였다. 좌측의 우회로의 전극도자 절제술 초기에는 관상정맥동 안에서 직류 전기에너지를 전달하는 방법을 사용하였으나 그후 전극도자를 좌심실 혹은 좌심방에 위치시켜 심내막(endocardial approach)에서 절제하는 방법을 주로 사용하였다. 좌심실에서 시행하는 경우는 절제 전극도자의 말단을 승모판막 밑으로 넣어 승모판막륜 부위까지 전진시켜 시행하였고 좌심방에서 시행하는 경우는 절제 전극도자를 동맥을 통하여 좌심실에서 좌심방으로 넣든지 심방중격을 경유하여 좌심방으로 넣는 방법을 사용하였다.

심방중격을 경유하는 방법은 난원공개존증(patent foramen ovale)이 있으면 그 부위를 이용하였고 없는 경우는 Brockenbrough needle과 Mullins′ sheath를 이용하여 심방중격을 천자한 후 절제 전극도자를 좌심방에 위치시켰다. 심실중격에 위치한 우회로와 우측 우회로는 우심방으로 접근하여 절제 전극도자의 말단을 삼첨판륜을 따라 좌전사 30 45도 투시와 우전사 30도 투시 하에서 움직이면서 정의한 우회로의 신호가 확인되는 지점을 찾는 방법을 적용하였다. 수술적 절제는 수술실에서 심외막의 전기생리학검사를 다시 시행하여 우회로 위치를 재확인한 후 방실접합구(atrioventricular groove)를 따라 시행하였다. 우회로 차단의 확인은 표면 심전도 상의 심실조기흥분이 없어지는 즉 표면 심전도 상의 델타파의 소실되고 전기생리학검사상 빈맥이 유도되지 않으면서 심실자극시 방실 해리(atrioventricular dissociation)가 나타나거나 방실 결절을 통한 역행 전도만 일어나는 경우로 하였다.

2) 전기생리학검사상의 용어의 정의

상심실성 빈맥은 빈맥이 연속적으로 3개이상 나타나는 경우로 정의하였다. 정상전도계를 전향 전도하며 우회로를 역행 전도하고 QRS복합체의 형태가 정상인 경우를 정방향 방실 전도 빈맥으로 정상전도계를 역행 전도하고 우회로를 전향 전도하며 QRS복합체의 확장이

있는 경우를 역방향 방실 전도 빈맥으로 판단하였다. 점증적 박동시에 전도 차단이 오지 않는 최소의 박동 간격을 block cycle length(이하 BCL)로 정했고 심방박동에 의한 차단을 atrioventricular block cycle length(이하 AVBCL), 심실박동에 의한 차단을 ventr-iculoatrial block cycle length(이하 VABCL)라 하였다. 규칙적인 조율에 기외자극을 가하면서 간격을 점차 줄일 때 정상전도로나 부회로가 불응기를 보이는 최대 간격을 effective refractory period(이하 ERP)로 정의하였다. 심방 및 심실에 점증적 박동과 기외자극을 가하여 각각 정상 전도로 및 부회로의 전향적, 역향적 BCL과 ERP, 심방과 심실의 ERP를 측정하였다. 전도로의 ERP나 BCL보다 심방이나 심실의 기능적인 불응기(functional refractory period)가 더 길거나 부회로를 통한 심실의 흥분과 정상전도로를 통한 심실의 흥분을 잘 구별할 수 없었던 경우 등이 있어서 정상전도로 및 부회로의 ERP와 BCL을 모든 대상 환자에서 측정하지는 못하였다.

3) 통계처리

모든 자료 값은 평균표준편차로 표기하였고 통계 방법은 SPSS PC 프로그램을 이용하여 paired t-test 및 Chi-square test로 판정하였다.

결 과

1. 대상 환자의 임상적 특성

역방향 방실회귀성빈맥은 전체 심실조기흥분증후군 환자 355명중 18명으로 5.1%를 차지하는데 13예가 남자였고 5예가 여자로 남녀 비는 2.6 : 1이였다. 대상 환자

Table 1. Clinical characteristics of patients with antidromic reentrant tachycardia(ART) and orthodromic reentrant tachycardia(ORT)

	ART	ORT	p-value
Sex(M : F)	2.6 : 1	1.9 : 1	NS
Age(years)	28±12	35±15	<0.05
Symptom duration (years)	8.6	8.1	NS
Symptom frequency (/year)	10.0±17.6	4.2±9.7	NS
Total number	18(5.1%)	337(94.9%)	355(100%)

NS : Not Significant

Table 2. Clinical characteristics of patients with antidromic reentrant tachycardia during electrophysiologic study

No.	Age(yrs)/Sex	OHD	Clinical arrhythmia	Therapy	Result	Follow-up
1	24/F	-	ART	Op	Success	Asymp×3mo
2	15/F	-	ART	Op	Success	Asymp×12mo
3	20/F	-	ART	Op	Success	Asymp×63mo
4	38/M	-	A-Fib	DC+RF	Fail	Med, Lost to follow up
5	20/M	-	ART	DC+RF	Success	Asym×2mo
6	50/F	+	ART	DC+RF	Success	Asym with med
7	34/M	+	ART, AVNRT	RF	Success	Asym×44mo
8	48/M	-	ART, A-Fib	Op	Success	Asym with med
9	31/M	-	A-Fib	RF	Success	Asym×11
10	17/M	-	ART	DC+RF	Success	Asym×12
11	30/F	+	ART, A-Fib	DC+RF	Fail	Asym with med
12	15/M	-	ART	RF	Success	Asym×24mo
13	17/M	-	ART	RF	Success	Asym×24mo
14	53/M	-	ART, ORT	RF	Success	Asym×12mo
15	29/M	-	ART	RF	Success	Asym×12mo
16	22/M	-	ART	RF	Success	Asym×12mo
17	22/M	-	ART	DC+RF	Success	Asym×1mo
18	22/M	-	ART	Diagnostic	Fail	Asym with med

OHD : Organic heart disease(Ebstein's anomaly : #7, #11 Mitral valve replacement : #6)
ART : Antidromic reentrant tachycardia ORT : Orthodromic reentrant tachycardia
AVNRT : AV nodal reentrant tachycardia A-Fib : Atrial fibrillation
Op : Operation DC : Direct current cardioversion RF : Radiofrequency ablation

의 진단 및 치료시의 연령은 15세부터 53세까지로 다양하였는데 평균 28±12세였고 이는 정방향의 방실회귀성빈맥의 35±15세와 비교해 볼 때 훨씬 젊은 연령에서 병원을 찾고 치료를 받은 것을 알 수 있다. 환자들의 증상이 처음 있은 후로부터 치료받기까지의 기간은 7개월부터 40년까지로 평균 8.6년이었는데 정방향 방실회귀성빈맥과 차이는 없었다. 빈맥의 빈도는 하루에 한번 이상 있었던 예로부터 1년에 한번까지 평균 연간 약 10회였다. 이는 정방향 방실회귀성빈맥의 평균 연간 약 4회보다 통계학적으로 의의는 없지만 많은 경향을 보였다(Table 1). 동반된 심장 질환이 있었던 경우는 3예로 두 명에서는 Ebstein's anomaly였고 1예에서는 과거에 승모판 협착증으로 승모판 치환술을 받았었다(Table 2).

Table 3. Distributions of accessory pathways on surface ECG

Accessory pathway location	ART(N=18)
Right side	9(50.0%)
Left side	7(39.0%)
Septal group	
Posteroseptal	1(5.5%)
Left paraseptal	0
Anteroseptal	1(5.5%)
Midseptal	0

ART : Antidromic reentrant tachycardia

2. 우회로의 위치

안정시의 표면심전도를 이용한 우회로의 위치 예측은 표면 심전도 전극 중 우회로의 좌우측 여부에 대해서는 V1 전극의 우각 혹은 좌각차단, 전 후 여부에 대해서는 III와 aVf 전극의 델타파 및 우회로의 내외측 및 우회로의 중격성 여부에 대해서는 V3, V4, V5 전극에서의 V3와 V4 혹은 V4와 V5의 QRS 편 위의 양극성 여부 및 V2의 양극성 여부를 골자로 하였다. 안정시의 우회로의 위치는 좌측이 7예(39%), 우측이 9예(50%), 후중격과 전중격이 각각 1예로 나타났다(Table 3). Fig. 1과 2는 좌측 우회로와 우측 우회로를 가진 환자의 안정시 표면 심전도이다. 반면에 전기생리학 검사로 나타난 우회로는 25예로 다발성 우회로를 보인 예는 전체 환자 18예중 7예(38.9%)로 정방향 방실회귀성빈맥에서의 337명의 환자에서 20예(5.9%)와 유의한 차이를 보였다(Table 4, 5). 전기생리학 검사로 확인된 전체 우회로의 위치는 왼쪽이 10예(40.0%) 오른쪽이 11예(44.0%) 후중격과 전중격이 각각 2예(8.0%)였는데 이는 정방향 방실 전도 빈맥에서 오른쪽 우회로가 27.5%로 왼쪽 우회로(47.6%)에

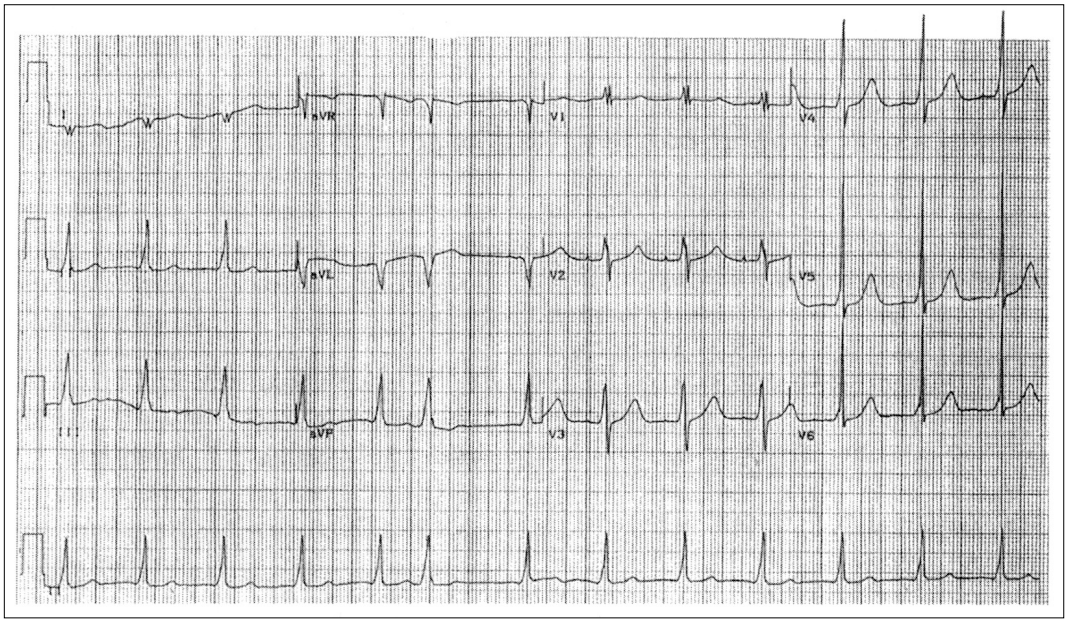

Fig. 1. Surface ECG of a patient with left lateral accessory pathway.

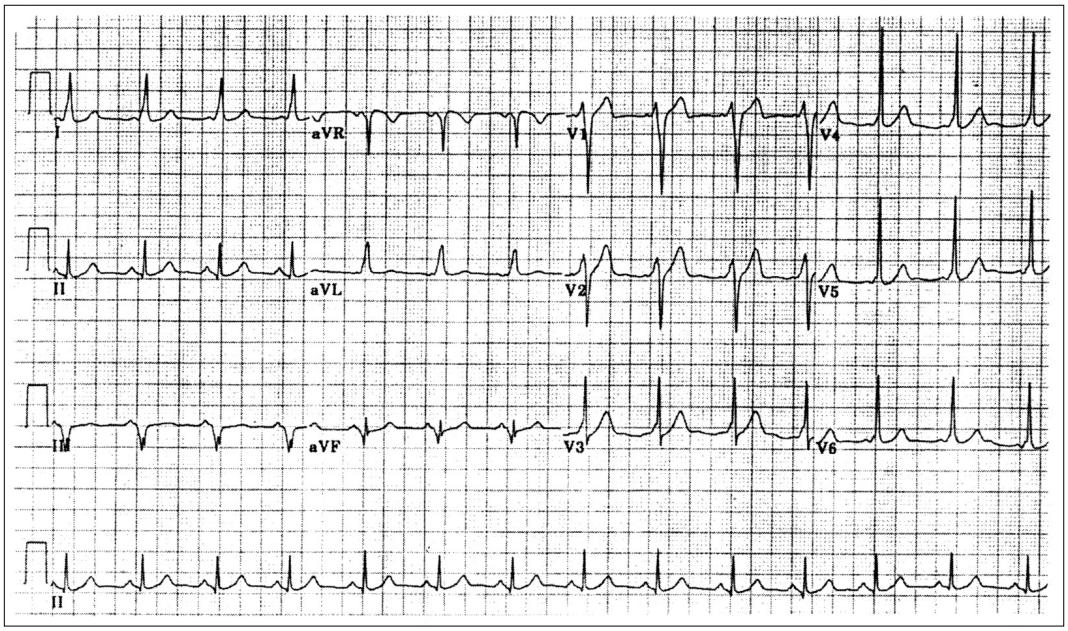

Fig. 2. Surface ECG of a patient with right posterior accessory pathway.

Table 4. Frequency of atrial fibrillation and multiple bypass tracts in ART and ORT patients

	ART	ORT	P-value
A-Fib	5/18(27.8%)	70/337(20.8%)	NS
Multiple bypass tracts	7/18(38.9%)	20/337(5.9%)	$p<0.05$

Table 5. Distributions of accessory pathways on electrophysiologic study in ART and ORT patients

Accessory pathway location	ART(N=25)	ORT(N=357)
Right side	11(44.0%)	98(27.5%)
Left side	10(40.0%)	170(47.6%)
Septal group		
Posteroseptal	2(8.0%)	63(17.6%)
Left paraseptal	0	11(3.1%)
Anteroseptals	2(8.0%)	10(2.8%)
Midseptal	0	5(1.4%)

ART : Antidromic reentrant tachycardia
ORT : Orthodromic reentrant tachycardia

비해서 빈도가 적게 나타난 것에 비해서 역방향 방실회귀성빈맥에서는 오른쪽 우회로가 많았고, 정방향 방실회귀성빈맥에서 후중격우회로가 17.6%인 것에 비해서 역방향 방실회귀성빈맥에서의 후중격우회로는 빈도가 8.0%로 낮았다(Table 5). 또한 단일 우회로와 다발성 우회로를 비교해 볼 때 단일 우회로를 이용한 역방향 방실회귀성빈맥에서는 후중격 우회로를 이용하는 경우는 없었고, 다발성 우회로를 이용한 역방향의 방실회귀성빈맥에서도 후중격우회로가 2예 있었는데 모두 후중격 우회로를 전향성 전도로로 이용하지 못하고 후향성 전도로로만 이용하는 것을 알 수 있었다(Table 6).

Table 6. Distributions of accessory pathways on electrophysiologic study in ART patients

Accessory pathway location	Single(11)	Multiple(14)
Right side	7(63.6%)	4(28.6%)
Left side	4(36.4%)	6(42.8%)
Septal group		
Posteroseptal	0	2(14.3%)
Left paraseptal	0	0
Anteroseptal	0	2(14.3%)
Midseptal	0	0

ART : Antidromic reentrant tachycardia

Table 7. Kinds of naturally occurred wide QRS tachycardia

		Number
Wide QRS,	LBBB	11(AVNRT 1)
	RBBB	6
	A-Fib	4

LBBB : Left bundle branch block
RBBB : Right bundle branch block
AVNRT : AV nodal reentrant tachycardia

3. 빈 맥

빈맥발작시의 표면 심전도상 wide QRS 좌각차단형이 11예, 우각 차단형이 6예, 심방세동을 보인 경우가 4예였다(Table 7). Fig. 3과 4는 wide QRS 좌각차단형과 우각 차단형의 빈맥을 보여준다. 임상적으로 진단된 빈맥의 종류는 역방향 방실회귀성빈맥이 16명이었고 심방세동만으로 발현된 경우가 2명, 역방향 방실회귀성빈맥과 심방세동이 동반된 경우가 2명 있었다(Ta -

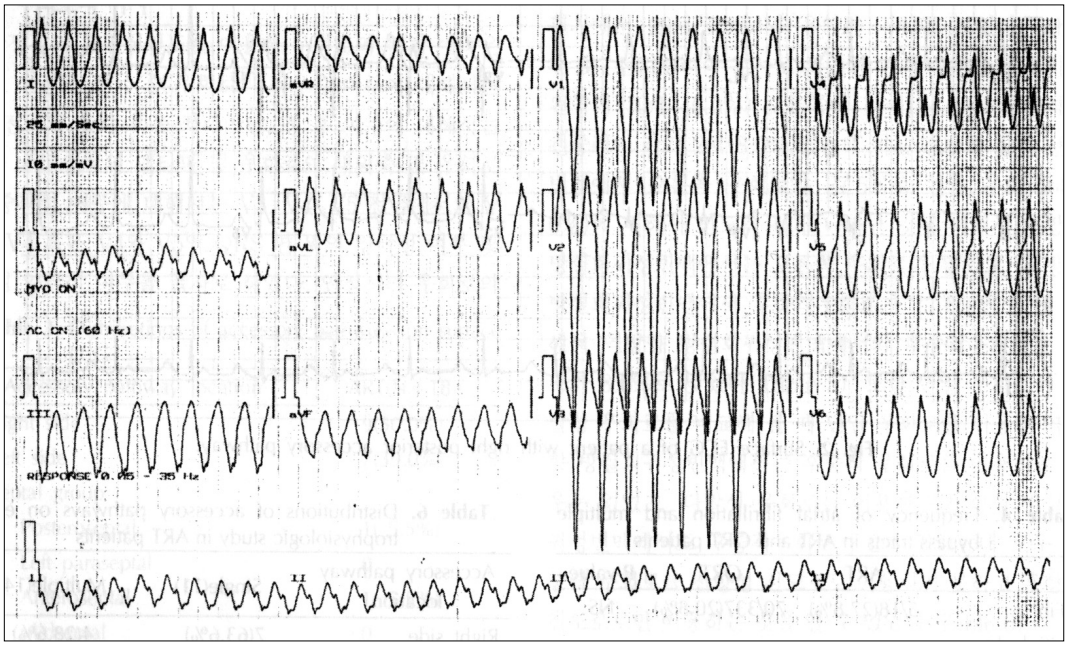

Fig. 3. Maximum preexcitation in Fig. 2 patient(wide QRS LBBB pattern).

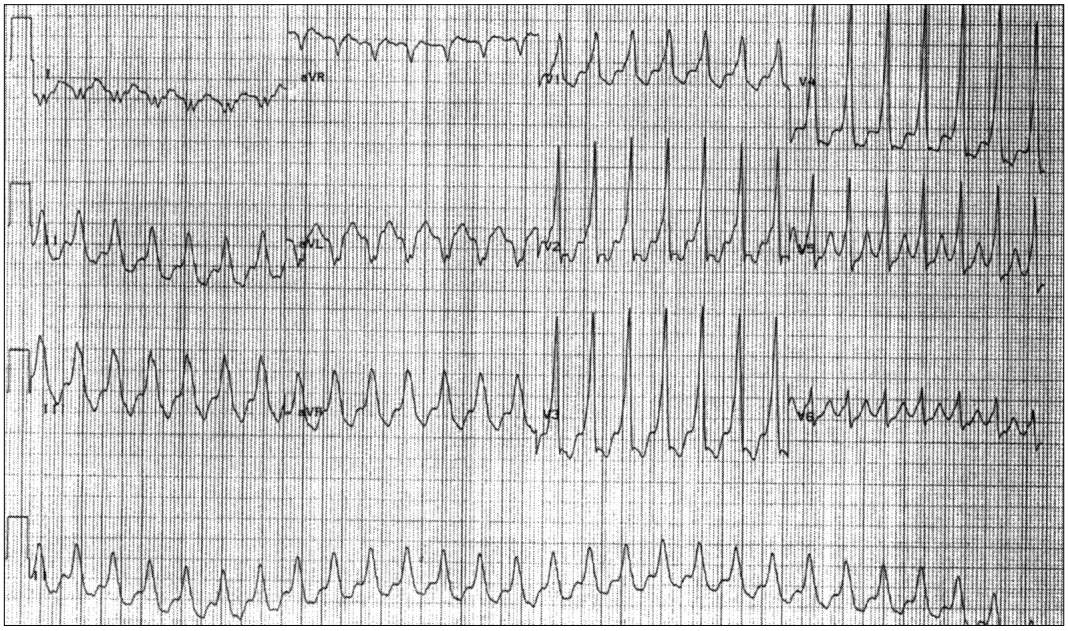

Fig. 4. Maximum preexcitation in a Fig. 1 patient(wide QRS RBBB pattern).

ble 2). 전기생리학검사로 심방세동이 확인된 경우가 18명중 5명이였는데 4명은 빈맥발작시의 심전도에서 진단되었고 1명은 전기생리학검사 도중에 나타났다. 또한 방실결절성빈맥 1예와 정방향의 방실회귀성빈맥 1예가 역방향 방실회귀성빈맥과 동반되어 나타났다. 전기생리학검사상 유발된 빈맥의 유형을 보면 대부분(15명)의 환자에서 2가지 이상의 빈맥이 있었다. 이중 11예는 우회로를 통해 전향 전도를 하고 방실 결절을 통해서 역행 전도를 하는 역방향 방실회귀성빈맥이었고 7예는 두개의 우회로를 통해서 전향 및 역행 전도를 하는 소견을 보였다. 정방향 방실회귀성빈맥은 전체 18명의 환자중 14명의(77.8%) 환자에서 발생했는데, 두개 이상의 다른 모양의 빈맥을 보인 경우가 14명중 5명이 있어서 전체 정방향 방실회귀성빈맥은 19예였다. 이중 4예에서 두개의 우회로를 각각 retrograde pathway로 이용하는 빈맥이었고 한 예에서는 slow AV node와 fast AV node를 anterograde pathway로 이용하고 한 개의 우회로를 retrograde pathway로 이용하는 정방향 방실회귀성빈맥이다. 또 방실결절성빈맥은 18명의 환자중 3명의 환자에서 발생했고 심방내 빈맥(atrial tachycardia)은 18명의 환자중 1명에서 발생했다. 또한 심방세동은 18명의 환자중 5명의 환자에서 발생했다(Table 8). 역방향 방실회귀성빈맥의 기전을 도식적으로 그려보면 Fig. 5와 같은데 즉 Fig. 5-1은 true antidromic reentrant tachycardia, Fig. 5-2는 두개의 우회로를 이용한 방실회귀성빈맥의 모양을 보여주고 Fig. 5-3은 하나의 우회로를 통해서 전향전도를 하고 다른 우회로와 방실 결절을 통해서 동시에 역행 전도를 하는 소견을 보여준다. 또한 Fig. 5-4는 정방향 방실회귀성빈맥의 모양을 도식적으로 보여주고 있다. 두개의 우회로를 갖는 경우에 임상적으로 알려진 우회로를 일차 우회로라고 하고 전기생리검사로 알게 된 우회로를 이차적 우회로라고 할 때 이차적 우회로

Table 8. Types of induced tachycardia in electrophysiologic study

True antidromic tachycardia (AP↓, AVN↑)	11/18
Two bypass tracts(AP↓, AP↑)	7/18
Orthodromic(AVN↓, AP↑)	19/18
AVNRT	3/18
A-Fib.	5/18
Atrial tachycardia	1/18

AP : Accessory pathway
AVN : AV node

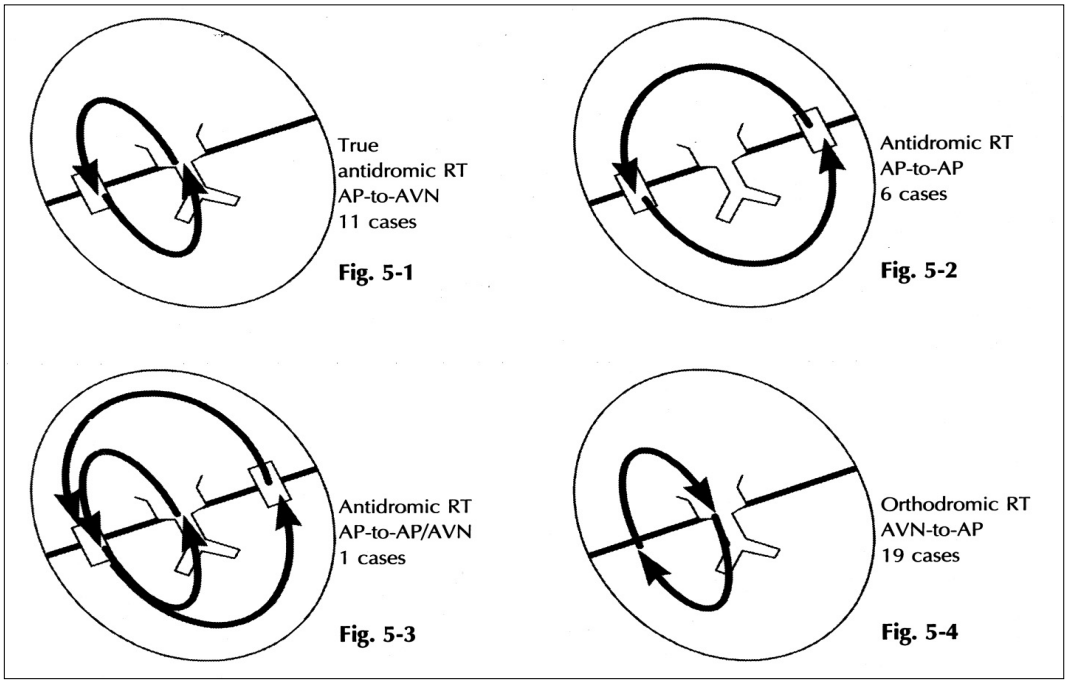

Fig. 5. Schematic presentation of mechanisms of antidromic reentrant tachycardia.

Table 9. Electrophysiologic study parameters in ART and ORT patients

	ART patients		ORT patients		P-value
	n	Value(msec)	n	Value(msec)	
AVBCLK	17	261.18±35.33	220	306.86±87.81	<0.05
AVKERP	17	302.94±51.57	189	321.78±71.55	NS
AVNERP	3	296.67±66.58	5	310.00±65.57	NS
AERP	15	220.00±37.03	245	236.62±37.33	NS
VABCLK	15	275.33±88.39	250	261.44±55.71	NS
VABCLN	4	345.00±77.24	32	363.43±66.40	NS
VACSERP	4	250.00±31.62	21	322.38±93.96	NS
VAKERP	13	284.62±59.25	219	268.70±44.55	NS
VERP	14	229.29±19.00	227	229.30±22.19	NS
VTR	18	198.44±37.84	206	186.01±27.77	NS

AVBCL : AV block cycle length
AVKERP : AV Kent effective refractory period
AVNERP : AV nodal effective refractory period
AERP : Atrial effective refractory period
VABCLK : VA block cycle length-Kent
VABCLN : VA block cycle lenght-node
VACSERP : VA coronary sinus effective refractory period
VAKERP : VA Kent effective refractory period
VERP : Ventricular effective refractory period
VTR : Ventricular tachycardia rate

Table 10. Tachycardia cycle length in the same patients

ART CL(msec)	ORT CL(msec)	P-value
314.29±61.06	374.29±68.28	NS

7개중 5개는 불현성이었고 1개는 발현성이었다. 또 1예는 처음 전기생리학검사상 불현성이었다가 일차적 우회로를 고주파 에너지 절제술로 차단한 후에 시행한 두 번째 전기생리검사상에서 발현성으로 된 경우가 있었다.

4. 전기생리학적 특성

역방향 방실회귀성빈맥의 소견을 보이는 18명의 환자의 빈맥의 주기간격은 평균 198.44±37.84msec로 정방향의 방실회귀성빈맥의 평균 186.01±27.77msec와 차이가 없었다. 역방향 방실회귀성빈맥의 부회로의 AVB-CL는 261±35msec로 정방향 방실회귀성빈맥의 부회로의 AVBCL인 306±88msec와 유의한 차이를 보였다(Table 9). 한 환자에서 역방향과 정방향의 방실회귀성빈맥을 나타내는 경우 역방향 방실회귀성빈맥의 주기간격은 314±61msec로 정방향 방실회귀성빈맥의 주기간격 374±68msec와 비교할 때 통계학적으로 유의하지는 않지만 차이를 보였다(Table 10).

5. 치 료

18명중 1명의 환자에서 치료의 실패가 있었는데 직류 및 고주파 에너지 절제술에 실패해서 약물로 빈맥을 조절하던 중 추적 관찰에 실패하였다. 또한 2명은 전기적 소작술로 빈맥을 없애지는 못했지만 약물로 조절이 되어 그 중 1명은 2년간 빈맥의 발작없이 외래에서 추적 관찰 중이고 1명은 4개월간 발작없이 지냈다. 나머지 15명의 환자중 4명이 수술적 치료로 완치가 되었고 11명이 직류 및 고주파 에너지 절제술로 성공적인 치 료를 받고 최장 63개월까지 외래에서 추적 관찰 중이다(Table 2).

고 안

역사적으로 Kent[9]가 우심방과 우심실 사이의 비정상적인 방실 전도로를 ' Kent bundle '로 보고한 바 있으며 Wolff 등[10]이 구조적 심질환이 없이 자주 재발하는 빈맥이 나타나는 환자의 자연 경과와 심전도상의 특징을 자세히 기술하고 보고하여 이를 Wolff-Parkinson-White 증후군이라고 칭하였다. 심전도상 WPW증후군의 특징적인 양상이 나타나는 빈도는 일반인의 약 0.1 0.3%로 알려져 있다[1-3]. WPW증후군은 여성보다는 남성에서 빈발하며 대부분 동반되는 질환 없이 발생하나 Ebstein's anomaly, 심근증등이 동반되기도 한다. 심전도상 조기흥분 소견을 보이는 환자들에서의 빈맥의 빈도는 보고자마다 차이가 있어서 그 빈도를 정확히 알기는 어렵다. 흔히 동반되는 빈맥은 정방향의 방실회귀성빈맥과 심방세동이며 이러한 빈맥의 임상 양상은 심계 항진에서 심인성 급사까지 다양하게 나타날 수 있다[4,11,12]. 심인성 급사는 전체 WPW증후군 환자의 0

4%에서 발생하는 것으로 보고되고 있으며 다른 동반된 심장 질환이 있는 경우에 위험도가 높은 것으로 알려져 있다[2,13,14]. 역방향의 방실회귀성빈맥은 우회로를 전향성 전도로로 이용하고 방실 결절 혹은 다른 우회로를 역행성 전도로로 하는 빈맥으로 심실조기흥분증후군(WPW syndrome)의 5 10% 정도를 차지하는 것으로 되어 있는데[4,7] 실제로는 이보다 더욱 적을 수도 있다는 주장이 있다. 즉 심실조기흥분증후군에서 wide QRS 빈맥을 보이는 경우가 모두 다 역방향 방실회귀성빈맥이 아니기 때문이다.

Benditt 등이 규칙적인 wide QRS tachycardia의 60%는 심방조동 때문이라는 보고를 했었다[15]. 사실 역방향 방실회귀성빈맥은 전기생리학검사실에서 유발시켜서 생기는 경우가 저절로 생기는 경우에 비해서 2배 높다는 보고가 있다. 본 연구에서는 임상적으로 역방향 방실회귀성빈맥이 증명된 환자에서 전기생리학검사로 확인했던 것으로 전체 심실조기흥분증후군의 5.1%를 차지한다. 또한 하나의 우회로를 이용한 true antidromic reentrant tachycardia 즉 하나의 우회로를 통해 전향적 전도를 하고 방실 결절을 통해서 후향적 전도를 하는 빈맥은 2 3% 정도의 낮은 빈도를 보이는 것으로 보고되고 있는데, 본 연구에서도 하나의 우회로를 이용한 true antidromic reentrant tachycardia는 3.1%를 차지한다. 이렇게 드문 역방향 방실회귀성빈맥의 중요성은 빈맥 당시의 심전도 소견이 wide QRS 빈맥으로 심실빈맥과 감별이 용이하지 않다는 점이다. 심실 빈맥 이외에도 심방조동의 1 : 1 심실전도, 심방내회귀성 빈맥의 1 : 1 심실전도, 그리고 방실결절성빈맥의 우회로를 통한 전달 등과 감별이 필요하다[15-17]. 본 연구에서 역방향 방실회귀성빈맥을 보인 환자 군의 연령이 정방향 방실회귀성빈맥을 보이는 환자 군에 비해서 젊은것으로 나타났는데 비슷한 다른 보고도 있고, 이것으로 다른 기전에 의한 wide QRS 빈맥과 역방향 방실회귀성빈맥과 구별할 수 있을 것이다. 역방향 방실회귀성빈맥에 의한 wide QRS 빈맥에서 혈역학적인 불안정이 정방향 방실회귀성빈맥에 비하여 높은 편이므로 좀더 이른 나이에 의료 기관을 찾게 되는 것이 하나의 가능한 요인이라 할 수 있겠다.

남녀 비를 비교해 보면 역방향 방실회귀성빈맥이 남성에서 더욱 많은 경향을 보이는데 원래 심실조기흥분증후군 자체가 남자가 여자에 비해서 많은 경향이 있는데 역방향 방실회귀성빈맥에서 더욱 남성에서 많은 경향이 있고 통계적인 의의는 없으나 역방향 방실회귀성빈맥과 정방향 방실회귀성빈맥을 구별하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 역방향 방실회귀성빈맥의 빈맥 발작 횟수는 다양하게 나타나고 평균 1년에 10회 정도로 정방향 방실회귀성빈맥보다 통계적인 의의는 없으나 많은 경향을 보였다. 자연적으로 발생된 빈맥에서 좌각차단형이 11예였는데 이중 1예에서는 방실결절성빈맥이 같이 있었던 경우이고 심방세동으로 처음 발현되었던 예가 2예 그리고 역방향 방실회귀성빈맥과 심방세동이 동반된 경우가 2예 있었다. 조기흥분 증후군 환자에서 역방향 방실 전도성 빈맥을 보이는 경우 정방향 방실 전도 빈맥을 보이는 경우에 비해 높은 빈도로 Ebstein's anomaly를 동반하거나 심실 빈맥이 발현한다고 보고되었다[20]. 이는 아마도 Ebstein's anomaly 환자에서 다발성 우회로를 가지는 경우가 많고[18,19] 다발성 우회로에서 역방향 방실회귀성빈맥이 많은 것이 그 이유일 것으로 생각된다.

본 연구에서도 Ebstein's anomaly의 빈도가 역방향 방실회귀성빈맥에서 정방향의 방실회귀성빈맥에 비해서 높게 나타났다. 또한 심방세동이 있던 4환자중 3명에서 빈맥 발현시 전기 충격을 받을 정도로 불안정한 혈역학이 초래된 것으로 미루어 심방세동과 역방향 방실회귀성빈맥 그리고 다발성 우회로가 이들 환자의 불안정한 혈역학에 중요한 역할을 하였으리라 충분히 짐작할 수 있다[7,20]. 또한 전기생리검사상 심방세동이 1예 더 있어서 총 5예로 전체 빈맥의 27.8%를 보였는데 정방향의 방실회귀성빈맥에 비하여 큰 차이를 보이지는 않았다. 본 연구에서 전기생리학검사로 나타난 우회로는 25예로 다발성 우회로를 보인 예는 전체 환자 18예 중 7예(38.9%)로 정방향 방실회귀성빈맥에서의 337명의 환자에서 20예(5.9%)와 유의한 차이를 보였다. 다른 연구에서도 같은 결과를 보였는데[7] 역방향 방실회귀성빈맥을 보이는 경우에는 반드시 다발성 우회로의 가능성을 생각해서 살펴보아야 할 것이다.

전기생리검사로 확인된 전체 우회로의 위치는 왼쪽이 10예(40.0%) 오른쪽이 11예(44.0%) 후중격과 전중격이 각각 2예(8.0%)씩이였는데 이는 정방향 방실 전도 빈맥에서 오른쪽 우회로가 27.5%로 왼쪽 우회로(47.8%)에 비해서 빈도가 적게 나타난 것에 비해서 역방향 방실회귀성빈맥에서는 오른쪽 우회로가 많았고, 정방향

방실회귀성빈맥에서 후중격우회로가 17. 6%인 것에 비해서 역방향 방실회귀성빈맥에서의 후중격우회로는 빈도가 8.0%로 낮았다. 역방향 방실회귀성빈맥에서 후중격우회로의 빈도가 낮다는 다른 보고들이 있다[7,8].

또한 단일 우회로를 갖는 방실회귀성빈맥에서는 후중격우회로가 한 예도 없는데 그 이유로는 역방향의 방실회귀성빈맥의 기전에 대하여 대개 3가지 정도의 설명이 있는데 첫째로 고전적인 역행성 빈맥으로 전향 발현이 있는 우회로 존재시 정상 방실 전도 방향의 전도가 차단되고 심장 전기의 우회로의 경유하는 시간이 차단된 방실이 회복되기에 충분할 정도로 긴 조건이 만족되거나 오히려 그리 길지 않은 우회로 경유 시간을 갖더라도 실방전도의 전도 속도가 충분히 빠른 경우에 성립되는 경우이고 둘째로 방실 결절 내의 회귀가 있으면서 전향성을 갖는 우회로가 있을 때 이 우회로가 소위 ' bystander pathway '로 작용하는 경우이고 세째로 다발성 우회로를 갖는 경우로 이들에 대한 논리적 배경중 중요한 것은 빈맥 회로가 형성되기 위해서는 이들 회로간의 거리가 적어도 3cm 내지 4cm 이상 떨어져야 한다는 것으로 이에 대한 좋은 예는 후중격의 우회로가 전향성을 나타내는 회귀 빈맥이 있을 때 이 우회로는 반드시 후향 전도로로 방실 결절이 아닌 또 다른 우회로를 이용하는 것이다[6,21,22].

즉 후중격과 방실결절은 해부학적으로 가까이 존재하므로 역행성 방실결절성빈맥이 성립할 수 없는 것으로 설명할 수 있겠다. 그러므로 후중격 우회로를 이용한 역방향 방실회귀성빈맥이 있는 경우에는 반드시 다발성 우회로의 가능성을 생각하거나 true antidromic tachycardia가 아닐 가능성을 생각해야 할 것이다[19]. 역방향 방실회귀성빈맥의 기전을 도식적으로 그려보면 Fig. 5와 같은데 즉 Fig. 5 - 1은 true antidromic reentrant tachycardia, Fig. 5 - 2는 두개의 우회로를 이용한 방실회귀성빈맥의 모양을 보여준다. Fig. 5 - 3은 하나의 우회로를 통해서 anterograde conduction을 하고 다른 우회로와 방실결절을 통해서 동시에 retrograde conduction을 하는 소견을 보여준다. 임상적으로 2예에서는 심방세동의 소견만 보였으나 전기생리검사상 역방향 방실회귀성빈맥을 보인 경우가 있었고 한 예에서는 정방향 방실회귀성빈맥을 보인 경우가 있었는데 전기생리검사상 정방향 방실회귀성빈맥이 14예에서 유발되었다. 즉 역방향 방실회귀성빈맥의 환자에서 임상적으로는 정방향 방실회귀성빈맥이 잘 나타나지 않고 전기 생리 검사를 시행하면 많은 예에서 나타나는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 18명의 대상 환자 모두에서 전기생리학검사상 역방향 방실회귀성빈맥이 유도되었고 정방향 방실회귀성빈맥은 14명에서 19예가 유도되었다. 즉 대부분의 역방향 방실회귀성빈맥에서는 특히 두개의 우회로를 갖는 경우는 틀림없이 여러 종류의 빈맥이 동시에 나타나는 것을 알 수 있었다. 역방향 방실회귀성빈맥의 주기간격(198±38msec)는 정방향의 방실회귀성빈맥과 큰 차이가 없어서 다른 기전의 심실조기흥분증후군과 감별하는데 도움이 안된다. 역방향 방실회귀성빈맥의 부회로의 AVBCL는 261±35msec로 정방향의 방실회귀성빈맥의 부회로의 AVBCL인 306±88msec과 유의한 차이를 보였다. 한 환자에서 역방향과 정방향의 방실회귀성빈맥을 나타내는 경우 역방향 방실회귀성빈맥의 주기간격은 314±61msec로 정방향 주기간격 374±68msec와 비교할 때 통계학적으로 유의하지는 않지만 차이를 보였다.

이는 아마도 역방향 방실회귀성빈맥에서의 wide QRS 빈맥이 정방향 방실회귀성빈맥의 narrow QRS 빈맥보다 혈역학적으로 불안정하여 교감 신경계가 활성화되어 더욱 빠른 빈맥을 보였다고 가정할 수 있겠다. 빈맥증에 대한 치료는 심외막 심전도를 측정하는 전기생리학검사를 통해 조기흥분 증후군의 기전을 규명하여[23] 우회로에 대한 해부학적 접근이 가능해지자 Cobb 등[24]은 빈맥증에 대한 치료로서 개심술하에 우회로를 선택적으로 절제하여 방실간의 비정상적인 전기 전도를 차단하는데 성공하였다. 그후 전기생리학검사의 발전으로 전극도자(electrical catheter)를 이용한 절제술이 가능하게 되었고[25] 그 시술의 성적이 우수하고 개심술이 필요 없는 등의 장점이 있어 수술적 치료를 거의 대체하고 있다[26,27]. 본 연구에서는 18명중 2명은 약물로 빈맥의 조절이 잘 되었고 4명은 수술적 치료로 완치가 되었고 11명이 전극도자를 이용한 우회로 절제술로 성공적인 치료를 받고 최장 63개월까지 외래에서 추적 관찰한 바 재발이 없었다.

요 약

연구배경 :

심실조기흥분증후군(ventricular preexcitation syn -

drome or WPW syndrome)환자중 역방향 방실회귀성빈맥(antidromic reentrant tachycardia)을 보이는 경우에는 표면 심전도로 심실빈맥과 감별이 어려운 문제점이 있는 바 이들이 나타내는 전기생리학적 소견 및 임상적 특성에 대하여 알아보고자 하였다.

방 법 :

1986년 12월부터 1995년 4월까지 심실조기흥분증후군으로 진단되어 전기생리학검사 및 우회로 절제술을 시행 받은 환자 355명중 전기생리학검사상 역방향 방실회귀성빈맥을 보인 18예를 대상으로 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

결 과 :

1) 역방향 방실회귀성빈맥은 전체 심실조기흥분증후군 환자의 5.1%를 차지했고 진단 당시의 연령 분포는 15세에서 53세로 다양했으며 정방향 방실회귀성빈맥에 비해서 젊은 연령이 많은 것으로 나타났다($p<0.05$).

2) 대상 환자중 남자가 13례 여자가 5례로 남자 환자가 많았다.

3) 다른 심장 질환을 동반한 경우가 3례 있었는데 2례는 Ebstein's anomaly가 있었고 1례는 판막 질환이 동반되어 있었다.

4) 안정시 표면 심전도로 확인된 우회로의 위치는 좌측이 7례(39%), 우측이 9례(50%), 후중격이 1례(5.5%), 전중격이 1례(5.5%)였다.

5) 전기생리학검사상 다발성 우회로를 보인 예는 18명중 7례(38.9%)로 정방향 방실회귀성빈맥에서의 337명중 20례(5.9%)와 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

6) 전기생리학검사로 확인된 우회로의 위치는 다발성 우회로를 보인 환자가 18명중 7례로 모두 25례이다. 이중 좌측이 10례(40%), 우측이 11례(44%), 후중격이 2례(8%), 그리고 전중격이 2례(8%)로 역방향 방실회귀성빈맥에서 우측 우회로(11/25, 44%)가 정방향의 방실회귀성빈맥의 우측 우회로(98/357, 27.5%)에 비해서 많았고 반대로 후중격우회로는 역방향 방실회귀성빈맥(2/25, 8%)에서 정방향 방실회귀성빈맥(63/357, 17.6%)보다 적은 소견을 보였다.

7) 자연적으로 발생한 빈맥 시의 심전도 소견은 좌각차단형이 11례, 우각 차단형이 6례, 그리고 심방세동형이 4례였다.

8) 전기생리학검사상 유발된 빈맥의 유형을 보면 역방향 방실회귀성빈맥이 11례, 정방향 방실회귀성빈맥이 19례, 그리고 2개의 우회로를 각각 전향 전도로와 후향 전도로로 이용하는 경우가 7례 있었고, 방실결절 회귀성 빈맥과 심방세동의 소견을 보인 경우도 각각 3례와 5례 있었다.

결 론 :

이상의 소견으로 보아 역방향 방실회귀성빈맥은 비교적 젊은 나이에 진단되는 방실회귀성빈맥의 하나로 2개의 우회로를 이용하는 빈맥이 빈발하는 특징이 있고 우회로의 빈도에서 정방향 방실회귀성빈맥에 비해서 우측 우회로가 많고 후중격우회로가 적은 소견을 보이는 것을 알 수 있었다. 또한, 후중격 우회로를 이용하는 경우에도 2례 모두 후중격 우회로를 전향성 전도로로 이용하지 못하고 후향성 전도로로만 이용하는 것을 알 수 있었다.

References

1) Smith RF : *The Wolff-Parkinson-White syndrome as an aviation risk. Circulation 29 : 672-679, 1964*
2) Orinius E : *Preexcitation. Studies on criteria, prognosis, and heredity. Acta Med Scand 465(suppl) : 24-35, 1966*
3) Krahn AD, Manfreda J, Tate RB, Mathewson FAL, Cuddy TE : *The natural history of electrocar-diographic preexcitation in men. The Manitoba follow-up study. Ann Intern Med 116 : 456-460, 1992*
4) Gallagher JJ, Pritchett ELC, Sealy WC, Kasell J, Wallace AG : *The preexcitation syndromes. Prog Cardiovasc Dis 20 : 285-296, 1978*
5) Robinson K, Rowland E, Krikler DM : Latent preexcitation : *Exposure of anterograde accessory pathway conduction during atrial fibrillation. Br Heart J 59 : 53-55, 1988*
6) Josephson ME : *Preexcitation syndromes. In Josephson ME, ed. clinical cardiac electrophysiology : Techniques and interpretations. Pennsylvania, Lea and Febiger, 199 3, pp347-363*
7) Bardy GH, Packer DL, German LD, Gallagher JJ : *Preexcited reciprocating tachycardia in patients with Wolff-Parkinson-White syndrome : Incidence and mechanisms. Circulation 70 : 377-391, 1984*
8) Kuck KH, Brugada P, Wellens HJJ : *Observations on the antidromic type of circus movement tachycardia in the Wolff-Parkinson-White syndrome. J Am Coll Cardiol 2 : 10 03-1010, 1983*
9) Kent AFS : *Illustrations of the right lateral auriculoventricular junction in the heart. J Physiol 48 : 63-64, 1914*
10) Wolff L, Parkinson J, White PD : *Bundle-branch block with short P-P interval in healthy young people prone to paroxysmal tachycardia. Am Heart J 5 : 685-704, 1930*

11) Wellens HJJ, Durrer D : *Wolff-Parkinson-White syndrome and atrial fibrillation : Relation between refractory period of accessory pathway and ventricular rate during atrial fibrillation. Am J Cardiol 34 : 777-782, 1974*
12) Campbell RWF, Smith RA, Gallagher JJ, Pritchett ELC, Wallace AG : *Atrial fibrillation in the preexcitation syndrome. Am J Cardiol 40 : 514-520, 1977*
13) Berkman NL, Lamb LE : *The Wolff-Parkinson-White syndrome. A follow-up study of five to twenty-eighty years. N Engl J Med 278 : 492-494, 1968*
14) Zardini ZM, Yee R, Thakur RK, Klein GJ : *Risk of sudden arrhythmic death in the Wolff-Parkinson-White syndrome : Current perspectives. PACE 17 : 966-975, 1994*
15) Benditt DG, Pritchett ELC, Gallagher JJ : *Spectrum of regular tachycardias with wide QRS complexes in patients with accessory atrioventricular pathways. Am J Cardiol 42 : 828-838, 1978*
16) Gallagher JJ, Smith WM, Kasell JH, Benson DW Jr, Sterba R, Grant AO : *Role of Mahaim fibers in cardiac arrhythmias in man. Circulation 64 : 176-189, 1981*
17) Smith WM, Gallagher JJ, Kerr CR, Sealy WC, Kasell JH, Benson DW Jr, Reiter MJ, Sterba R, Grant AO : *The electrophysiologic basis and management of symptomatic recurrent tachycardia in patients with Ebstein's anomaly of the tricuspid valve. Am J Cardiol 49 : 1223-1234, 1982*
18) Kastor JA, Goldreyer BN, Josephson ME, Perloff JK, Scharf DL, Manchester JH, Shelburne JC, Hirshfield JW : *Electrophysiologic characteristics of Ebstein's anomaly of the tricuspid valve. Circulation 52 : 987-995, 1975*
19) Smith WM, Broughton A, Reiter MJ, Benson DW Jr, Grant AO, Gallagher JJ : *Bystander accessory pathway during AV node reentrant tachycardia. PACE 6 : 537-547, 1983*
20) Klein GJ, Bashore TM, Sellers TD, Pritchett ELC, Smith WM, Gallagher JJ : *Ventricular fibrillation in the Wolff-Parkinson-White syndrome. N Engl J Med 301 : 1080-1085,1979*
21) Packer DL, Gallagher JJ, Prystowsky EN : *Physiological substrate for antidromic reciprocating tachycardia. Circulation 85 : 574-588, 1992*
22) Kreiner G, Heinz G, Siostrzonek P, Radosztics S, Gossinger HD : *Alterations of orthodromic circus movement tachycardia by dual atrioventricular nodal pathways in a patient with Wolff-Parkinson-White syndrome. PACE 1 6 : 1759-1768, 1993*
23) Durrer D, Roos JP : *Epicardial excitation of the ventricles in a patietn with Wolff-Parkinson-White syndrome (type B). Circulation 35 : 15-21, 1967*
24) Cobb FR, Blumenshein SD, Sealy WC, Boineau JP, Wagner GS, Wallace AG : *Successful surgical interruption of bundle of Kent in a patient with Wolff-Parkinson-White syndrome. Circulation 38 : 1018-1029, 1968*
25) Morady F, Scheinmann MM : *Transvenous catheter ablation of a posteroseptal accessory pathway in a patient with the Wolff-Parkinson-White syndrome. PACE 10 : 5 55-563, 1984*
26) 김성순 : 심장부정맥에 대한 전극도자 절제술. 대한의학협회지 *5 : 673-682, 1992*
27) Calkins H, Langberg J, Sousa J, El-Atassi R, Leon A, Kou W, Kalbfleisch S, Morady F : *Radiofrequency catheter ablation of accessory atrioventricular connections in 250 patients ; Abbreviated therapeutic approach to Wolff-Parkinson-White syndrome. Circulation 85 : 1337-1346, 1992*